

**ANALISIS KARAKTERISTIK KEPADATAN DAN NILAI *CBR* BAHAN *RAP*
(*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*) BERGRADASI AC-WC**



PUBLIKASI ILMIAH

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

ARISKA ITASARI

D 100 110 096

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS KARAKTERISTIK KEPADATAN DAN NILAI *CBR* BAHAN *RAP*
(*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*) BERGRADASI AC-WC**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

ARISKA ITASARI

D 100 110 096

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK. 682

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KARAKTERISTIK KEPADATAN DAN NILAI *CBR* BAHAN *RAP*
(*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*) BERGRADASI AC-WC**

OLEH

ARISKA ITASARI

D 100 110 096

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jum'at, 1 Juli 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Agus Riyanto, M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Senja Rum Harnaeni, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)

()
()
()

Dekan



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D
NIK. 682


PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, Juli 2016

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ariska Itasari', enclosed within a hand-drawn circular border.

ARISKA ITASARI

D 100 110 096

ANALISIS KARAKTERISTIK KEPADATAN DAN NILAI *CBR* BAHAN *RAP* (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*) BERGRADASI AC-WC

Abstrak

RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) adalah bahan limbah sisa perkerasan jalan yang diambil langsung dari perkerasan jalan yang telah rusak. Material penyusunnya terdiri dari aspal dan agregat. Aspalnya cenderung sudah keras dan getas, sedangkan agregatnya cenderung sudah terjadi degradasi. Salah satu cara pemanfaatan limbah sisa perkerasan jalan tersebut adalah mendaur ulang *RAP*. Daur ulang *RAP* adalah upaya untuk mengatasi masalah keterbatasan agregat baru yang digunakan secara terus-menerus. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik kepadatan serta daya dukung bahan *RAP* dan agregat *RAP* menggunakan gradasi AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Penelitian dilakukan menggunakan metode uji laboratorium. Bahan yang digunakan *RAP* yang berasal dari Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan di Laboratorium Bahan Perkerasan UMS. Pemeriksaan dilakukan dengan cara uji identitas *RAP*, uji fisik *RAP*, uji kepadatan, dan uji *CBR*. Pada uji kepadatan dan *CBR*, bahan *RAP* dan agregat *RAP* dibagi menjadi 3 fraksi ukuran butir > 10 mm, 5-10 mm, dan < 5 mm. Kemudian dilakukan uji kepadatan untuk memperoleh berat volume kering maksimum dan kadar air optimum, serta uji *CBR* dengan variasi pukulan 10 kali, 35 kali, dan 65 kali. Berdasarkan analisis karakteristik kepadatan dan nilai *CBR* bahan *RAP* yang bergradasi AC-WC, ternyata hasil pemeriksaan kepadatan dan *CBR* menunjukkan bahwa material *RAP* dan agregat *RAP* yang sudah direkayasa menggunakan gradasi AC-WC belum bisa digunakan untuk lapis aus walaupun nilai abrasi masih masuk dalam spesifikasi. Kondisi aspal dan agregat *RAP* yang sudah lama bisa mengurangi kekuatan dan daya dukung, harusnya perlu ditambah agregat baru untuk mendapatkan kekuatan dan daya dukung yang lebih baik. Hal tersebut dibuktikan dari hasil penelitian didapatkan nilai sebagai berikut: uji kepadatan dengan *modified proctor*, kepadatan maksimum *RAP* rekayasa 1,92 gr/cm³, kadar air optimum 8,23 %, kepadatan maksimum agregat *RAP* rekayasa 2,01 gr/cm³, kadar air optimum 7,24 %. Nilai *CBR* *RAP* adalah 19,30 % sedangkan nilai *CBR* pada agregat *RAP* lebih besar yaitu 25,57 %.

Kata Kunci: AC-WC, *CBR*, kepadatan, *RAP*.

Abstracts

RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) is the material of pavement waste which is taken directly from damaged asphalt pavement road. Its constituent material consist of asphalt and aggregate. Its asphalt tend already hard and brittle, while its aggregate tend already occurred degradation. One way of waste utilization is recycling *RAP*. Recycling *RAP* is an effort to fix problem about new aggregate limitation which is used continuously. Purposes of this research are knowing density and bearing capacity characteristic of *RAP* and *RAP* aggregate material using AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). This Research uses laboratory test method. The material of *RAP* is from Tegal, Jawa Tengah. Research is started with preparation of apparatus and material in Pavement Material UMS laboratory. The test of research are: *RAP* identity test, *RAP* physics test, density test, and *CBR* test. In density and *CBR* test, material *RAP* and aggregate *RAP* divide into three fraction: grain size > 10 mm, 5-10 mm, and < 5 mm. Then doing density test to get maximum dry density and optimum water content, and *CBR* test with variation hit 10 times, 35 times, and 65 times. Depend on

characteristic analysis of density and CBR value of RAP material using AC – WC gradation, in fact the test result of density and CBR indicate that RAP material and RAP aggregate which already engineered using AC-WC gradation can not be used to wearing course although the value of abrasion still in the specification. Asphalt condition and old RAP aggregate can decrease strength and bearing capacity, it should added new aggregate to get better strength and bearing capacity. It could be seen from the research was obtained value as follows: density test with modified proctor, maximum density of engineering RAP is 1,92 gr/cm³, optimum water content is 8,23 %, maximum density of engineering RAP aggregate is 2,01 gr/cm³, optimum water content is 7,24 %. The value of CBR RAP is 19,30 % while CBR value in RAP aggregate more bigger: 25,57 %.

Keywords: AC-WC, CBR, density, RAP

1. PENDAHULUAN

Jalan raya adalah jalan utama yang menghubungkan suatu daerah ke daerah lain. Jalan raya merupakan akses utama bagi pengguna jalan yang mayoritas memilih untuk menggunakan prasarana transportasi darat tersebut. Dengan bertambahnya pengguna jalan maka perkerasan jalan juga cepat mengalami kerusakan. Selain itu banyak faktor yang mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan, yaitu adanya genangan air hujan akibat sistem drainase yang kurang baik, kondisi lingkungan, kondisi tanah dasar yang kurang stabil, dan proses pelaksanaan yang tidak maksimal. Untuk memperbaiki lapisan perkerasan jalan dengan menggunakan agregat baru secara terus menerus akan mengalami keterbatasan sumber daya alam dan akan berdampak pada lingkungan. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah mendaur ulang limbah sisa perkerasan jalan yang disebut dengan *RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*.

RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) adalah suatu bahan limbah perkerasan jalan yang diambil langsung dari perkerasan jalan yang telah rusak, campurannya terdiri dari aspal dan agregat. Komponen aspalnya cenderung sudah sangat keras dan getas, sedangkan agregatnya cenderung sudah terjadi degradasi.

Saat ini perbaikan perkerasan jalan sangat diperlukan terutama di jalur Pantura yang merupakan jalur lalu lintas yang sangat penting di Pulau Jawa. Jalan raya di daerah Pantura cepat mengalami kerusakan dalam waktu yang sangat singkat walaupun baru saja diperbaiki atau direhabilitasi. Berdasarkan masalah tersebut perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik kepadatan serta daya dukung bahan *RAP* dari jalur pantura karena jalan di kawasan tersebut cepat mengalami kerusakan. Pengujian pada penelitian ini menggunakan bahan *RAP* karena bahan tersebut masih bisa di daur ulang untuk mengurangi penggunaan agregat baru dan lebih ramah lingkungan. Dilihat dari gradasi ukuran butiran *RAP* yang sudah terjadi degradasi maka pengujian dilakukan dengan cara merekayasa *RAP* menggunakan gradasi AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) agar hasil gradasinya masuk dalam spesifikasi. Penelitian ini akan membandingkan bahan *RAP* dan agregat *RAP*. Agregat *RAP* adalah bahan *RAP* yang sudah diekstraksi sehingga aspalnya terpisah dari agregat. Bahan *RAP* yang sudah direkayasa dengan gradasi AC-WC disebut *RAP* rekayasa, dan agregat *RAP* yang sudah direkayasa dengan gradasi AC-WC disebut agregat *RAP* rekayasa.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

- 1) Bagaimana karakteristik kepadatan bahan *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa?

- 2) Bagaimana karakteristik nilai *CBR* bahan *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa?
- 3) Bagaimana peran komponen *RAP* dalam meningkatkan kekuatan daya dukung?

Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

- 1) Mengetahui karakteristik kepadatan bahan *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa
- 2) Mengetahui karakteristik nilai *CBR* bahan *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa
- 3) Mengetahui peran komponen *RAP* dalam meningkatkan kekuatan daya dukungnya.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah:

- 1) Penelitian ini bisa menjadi acuan untuk pelestarian lingkungan dari sisa limbah perkerasan jalan dan bisa digunakan kembali sebagai perkerasan baru yang lebih efisien
- 2) Menambah pengetahuan tentang karakteristik kepadatan dan daya dukung bahan *RAP* dan agregat *RAP* yang menggunakan gradasi *AC-WC*.

Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian ini menggunakan bahan sisa-sisa bongkaran jalan lama yang diambil dari DPU Kabupaten Tegal, Jawa Tengah di jalur Pantura.
- 2) Penelitian ini menggunakan alat-alat yang berada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 3) Menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3, laston *AC-WC*.
- 4) Hasil uji gradasi masuk dalam spesifikasi *AC-WC*.
- 5) Gradasi agregat fraksi 1 : > 10 mm, fraksi 2 : 5-10 mm, fraksi 3 : < 5 mm.
- 6) Uji identitas *RAP* meliputi uji ekstraksi, uji titik lembek, uji penetrasi, uji berat jenis aspal, uji daktilitas, dan uji berat jenis *RAP*.
- 7) Uji fisik *RAP* meliputi uji gradasi, uji abrasi, dan uji *sand equivalent*.
- 8) Uji kepadatan dengan alat *Modified Proctor*.
- 9) Uji daya dukung menggunakan *CBR Unsoaked*.

2. METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Bahan yang digunakan adalah *RAP* yang diambil dari DPU Kabupaten Tegal, Jawa Tengah di jalur Pantura.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan untuk memperjelas proses penelitian. Tahapan penelitian sebagai berikut:

- 1) Tahap I
Mulai, persiapan alat dan bahan
- 2) Tahap II
 - a) Uji Identitas *RAP*

Melakukan uji kadar aspal, uji titik lembek, uji penetrasi, uji berat jenis, dan uji daktilitas. Bahan yang digunakan adalah aspal *RAP* hasil ekstraksi. Melakukan uji berat jenis *RAP*, bahan yang digunakan adalah bahan *RAP* dan agregat *RAP*.

b) Uji Fisik *RAP*

Melakukan uji gradasi, bahan yang digunakan adalah *RAP* gradasi acak, *RAP* rekayasa, agregat *RAP* gradasi acak, agregat *RAP* rekayasa. Melakukan uji abrasi dan *sand equivalent*, bahan yang digunakan adalah *RAP* dan agregat *RAP*.

c) Uji Kepadatan dan Uji *CBR*

Melakukan uji kepadatan dan *CBR* menggunakan *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa. Gradasi dibagi menjadi tiga fraksi, yaitu Fraksi 1 : > 10 mm, Fraksi 2 : 2-10 mm, Fraksi 3 : < 5 mm. Ketiga fraksi tersebut dicampur untuk menentukan proporsi campurannya. Kemudian setelah diketahui proporsi masing-masing campuran, sampel siap untuk dipadatkan, dan akan didapatkan nilai berat volume kering maksimum dan kadar air optimum, serta akan didapatkan nilai *CBR* setiap variasi pukulan 10 kali, 35 kali, dan 65 kali.

3) Tahap III : Analisis dan Pembahasan

4) Tahap IV : Kesimpulan dan Saran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Pemeriksaan Identitas *RAP*

a) **Pemeriksaan Kadar Aspal**

Pemeriksaan ini dilakukan dengan cara ekstraksi yaitu untuk mengetahui kadar aspal yang terkandung pada *RAP*. Aspal lama yang menempel pada *RAP* dapat diketahui persentasenya. Hasil dari pengujian ekstraksi aspal *RAP* didapatkan kadar aspal sebesar 4,16 %. Aspal pada *RAP* merupakan aspal lama, maka kandungan aspal yang menempel pada *RAP* juga sedikit karena ada kandungan aspal yang hilang dan pengaruh kikisan air hujan maupun cuaca.

b) **Pemeriksaan Titik Lembek Aspal**

Pemeriksaan titik lembek pada penelitian ini menggunakan aspal hasil ekstraksi *RAP*. Aspal *RAP* hasil ekstraksi yang sudah tercampur dengan bensin dididihkan selama ± 1 minggu dengan suhu 150 °C. Dengan cara ini kandungan bensin yang tercampur dengan aspal sangat sedikit bahkan sudah tidak ada. Nilai titik lembek aspal *RAP* didapatkan suhu yang cukup tinggi yaitu 66,5 °C. Nilai tersebut dipengaruhi oleh jatuhnya bola baja yang tidak bersamaan disebabkan karena suhu air yang digunakan untuk merendam benda uji tidak merata, hal tersebut dikarenakan es batu yang digunakan sudah mencair. Atau bisa juga karena berat bola baja maupun penuangan aspal ke dalam cetakan (*ring*) yang tidak rata. Akan tetapi titik lembek pada aspal *RAP* tidak memenuhi spesifikasi karena batas spesifikasi yang disyaratkan adalah 48 °C – 53 °C.

c) **Pemeriksaan Penetrasi**

Pemeriksaan penetrasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal yang diukur dari kedalaman masuknya jarum penetrasi selama 5 detik dengan beban 100 gram pada suhu ruang 25 °C. Hasil dari pemeriksaan penetrasi menunjukkan bahwa aspal *RAP* merupakan aspal keras dengan nilai penetrasi sebesar 29,1 (0,1 mm). Karena aspal *RAP* merupakan aspal lama, jadi tekstur aspalnya sudah keras dan getas. Berbeda dengan *fresh*

aspal yang mempunyai nilai penetrasi sebesar 66,4 (0,1 mm). Semakin rendah nilai penetrasi maka aspal semakin keras, semakin tinggi nilai penetrasi maka aspal semakin lembek. Jika nilai penetrasi melebihi batas spesifikasi maka aspal sudah terlalu lembek.

d) Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah angka yang menunjukkan perbandingan berat aspal dan berat air dengan volume yang sama pada suhu ruang. Semakin besar nilai berat jenis aspal, maka semakin kecil kandungan bensin dan partikel lain di dalam aspal. Pemeriksaan berat jenis aspal *RAP* didapatkan nilai sebesar 1,10. Bila dibandingkan dengan berat jenis *fresh* aspal dengan nilai 1,05. Selisih nilai berat jenis aspal *RAP* dengan *fresh* aspal hanya 0,05 , jadi aspal *RAP* tidak terlalu buruk. Berat jenis aspal *RAP* masih masuk dalam spesifikasi, karena batas spesifikasi yang disyaratkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 3) adalah $\geq 1,0$.

e) Pemeriksaan Daktilitas

Pemeriksaan daktilitas dilakukan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Hasil pemeriksaan daktilitas pada penelitian didapatkan nilai sebesar 940 mm. Nilai daktilitas tidak memenuhi spesifikasi karena spesifikasi yang disyaratkan adalah 1000 mm. Sifat daktilitas dipengaruhi oleh beberapa sifat kimia, misalnya *paraffin*. Aspal yang mengandung *paraffin* tinggi mempunyai daktilitas rendah. Aspal dengan daktilitas rendah akan mengalami retak-retak dalam penggunaannya, karena lapisan perkerasan mengalami perubahan suhu. Oleh karena itu aspal perlu memiliki daktilitas yang cukup tinggi.

f) Pemeriksaan Berat Jenis RAP

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dilakukan untuk mengetahui berat jenis *bulk*, berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), penyerapan *RAP* dan agregat *RAP*. Hasil uji berat jenis *RAP* dan agregat *RAP* dapat dilihat pada Tabel I dan Tabel II di bawah :

Tabel I. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis *RAP*

Pengujian	Hasil		
	<i>RAP</i> Kasar	<i>RAP</i> Medium	<i>RAP</i> Halus
	(> 10 mm)	(5-10 mm)	(< 5 mm)
Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,06	2,04	1,73
Berat Jenis <i>SSD</i>	2,09	2,06	1,77
Berat Jenis Semu	2,12	2,09	1,80
Penyerapan (%)	1,42	1,12	2,25

Tabel II. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat *RAP*

Pengujian	Hasil		
	Agregat <i>RAP</i> Kasar	Agregat <i>RAP</i> Medium	Agregat <i>RAP</i> Halus
	(> 10 mm)	(5-10 mm)	(< 5 mm)
Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,62	2,67	2,20
Berat Jenis <i>SSD</i>	2,67	2,71	2,29
Berat Jenis Semu	2,75	2,79	2,42
Penyerapan (%)	1,71	1,71	4,17

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis *RAP* pada Tabel I dapat diketahui bahwa nilai terbesar berat jenis *bulk*, berat jenis *SSD*, dan berat jenis semu terdapat pada *RAP* kasar dengan gradasi > 10 mm, sedangkan pada pengujian berat jenis agregat *RAP* pada Tabel II nilai terbesar berat jenis *bulk*, berat jenis *SSD*, dan berat jenis semu terdapat pada *RAP* medium dengan gradasi 5-10 mm. Secara logika seharusnya berat jenis agregat dengan ukuran agregat yang lebih besar akan memperoleh nilai yang lebih tinggi karena ada pemisahan fraksi. Hal tersebut mungkin dipengaruhi adanya aspal yang masih menyelimuti permukaan agregat.

2) Pemeriksaan Fisik *RAP*

a) Pemeriksaan *Sand Equivalent*

Pemeriksaan *Sand Equivalent* adalah untuk mengetahui kadar lumpur agregat halus pada pasir. Nilai *sand equivalent* pada *RAP* dan agregat *RAP* dapat dilihat pada Tabel III di bawah :

Tabel III. Hasil Pemeriksaan *Sand Equivalent*

Nilai <i>Sand Equivalent</i> (%)		Kandungan Lumpur (%)	
<i>RAP</i>	Agregat <i>RAP</i>	<i>RAP</i>	Agregat <i>RAP</i>
88,45	91,37	11,55	8,63

Berdasarkan Tabel III di atas diperoleh nilai *sand equivalent* pada *RAP* sebesar 88,45 % dan pada agregat *RAP* sebesar 91,37 %. Spesifikasi yang disyaratkan adalah ≥ 50 %, jadi pemeriksaan *sand equivalent* pada *RAP* dan agregat *RAP* memenuhi spesifikasi. Tingkat kandungan lumpur pada agregat *RAP* sebesar 8,63 %, hal ini lebih baik dibandingkan kandungan lumpur pada *RAP* yang mempunyai kandungan lumpur sebesar 11,55 %, karena semakin besar nilai *sand equivalent* maka semakin sedikit kandungan lumpurnya.

b) Pemeriksaan Abrasi

Pemeriksaan abrasi atau keausan agregat dilakukan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat aus terhadap berat semula dalam persen. Berdasarkan hasil pemeriksaan diperoleh nilai keausan *RAP* sebesar 24,72 % dan nilai keausan pada agregat *RAP* sebesar 24,50 %. Nilai spesifikasi adalah 40 %, jadi *RAP* dan agregat *RAP* masih masuk dalam spesifikasi.

c) Pemeriksaan Gradasi

Pemeriksaan gradasi atau analisa saringan dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan. Pemeriksaan gradasi pada penelitian ini meliputi pemeriksaan gradasi *RAP*, agregat *RAP*, *RAP* rekayasa, dan agregat *RAP* rekayasa. Pemeriksaan gradasi *RAP* dan agregat *RAP* dapat dilihat pada Tabel IV dan Tabel V di bawah :

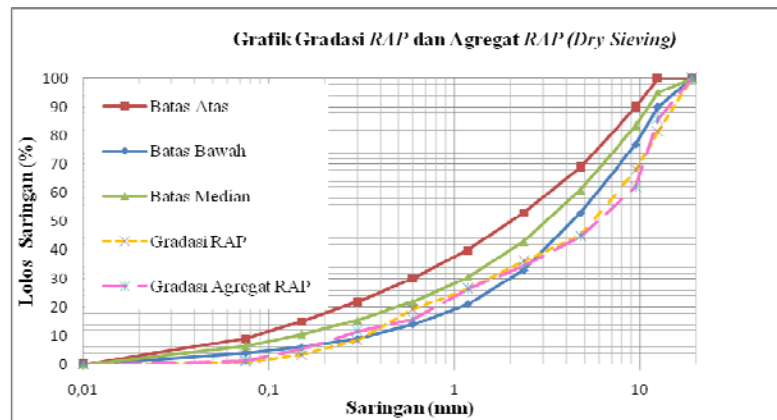
Tabel IV. Hasil Pemeriksaan Gradasi *RAP*

Ukuran Ayakan		Berat Cawan (gram)	Berat Tertahan + Cawan (gram)	Berat Tertinggal (gram)	Jumlah Berat Tertinggal (gram)	Persen Jumlah Tertinggal (%)	Persen Lolos (%)
(mm)	(ASTM)						
19	3/4"	435	435	0	0	0	100
12,5	1/2"	387	947	560	560	18,67	81,33
9,5	3/8"	205	607	402	962	32,07	67,93
4,75	No. 4	230	915	685	1647	54,90	45,10
2,36	No. 8	435	704	269	1916	63,87	36,13
1,18	No. 16	418	708	290	2206	73,53	26,47
0,600	No. 30	296	512	216	2422	80,73	19,27
0,300	No. 50	197	521	324	2746	91,53	8,47
0,150	No. 100	318	469	151	2897	96,57	3,43
0,075	No. 200	330	410	80	2977	99,23	0,77
0,000	Pan	355	378	23	3000	100	0

Tabel V. Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat *RAP*

Ukuran Ayakan		Berat Cawan (gram)	Berat Tertahan + Cawan (gram)	Berat Tertinggal (gram)	Jumlah Berat Tertinggal (gram)	Persen Jumlah Tertinggal (%)	Persen Lolos (%)
(mm)	(ASTM)						
19	3/4"	435	435	0	0	0	100
12,5	1/2"	387	816	429	429	14,30	85,70
9,5	3/8"	205	913	708	1137	37,90	62,10
4,75	No. 4	230	750	520	1657	55,23	44,77
2,36	No. 8	435	749	314	1971	65,70	34,30
1,18	No. 16	418	653	235	2206	73,53	26,47
0,600	No. 30	296	614	318	2524	84,13	15,87
0,300	No. 50	197	325	128	2652	88,40	11,60
0,150	No. 100	318	508	190	2842	94,73	5,27
0,075	No. 200	330	448	118	2960	98,67	1,33
0,000	Pan	355	395	40	3000	100	0

Berdasarkan Tabel IV dan Tabel V di atas dapat dibuat grafik gradasi *RAP* dan agregat *RAP* yang menunjukkan batas atas, batas median, batas bawah, dan gradasi yang diperoleh dari analisa saringan. Grafik gradasi *RAP* dan agregat *RAP* dapat dilihat pada Gambar I di bawah :



Gambar I. Grafik Gradasi RAP dan Agregat RAP

Berdasarkan grafik gradasi *RAP* dan agregat *RAP* di atas dapat dihitung nilai *Cc* dan *Cu* yang bisa memberikan indikasi gradasi *RAP* dan agregat *RAP* masuk dalam gradasi baik, gradasi buruk, maupun gradasi senjang. Nilai *Cc* pada *RAP* sebesar 1,20 dan nilai *Cu* sebesar 23,43. Nilai *Cc* pada agregat *RAP* sebesar 1,21 dan nilai *Cu* sebesar 36,66. *RAP* dan agregat *RAP* termasuk gradasi baik. Kemudian *RAP* dan agregat *RAP* akan direkayasa menggunakan spesifikasi *AC-WC* sehingga disebut *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa. Hasil pemeriksaan *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa dapat dilihat pada Tabel VI dan Tabel VII di bawah :

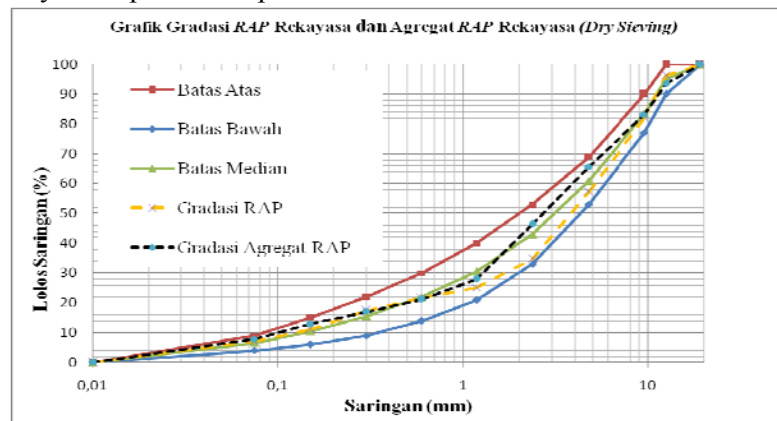
Tabel VI. Hasil Pemeriksaan Gradasi *RAP* Rekayasa

Ukuran	% Lolos	% Lolos	% Lolos	CA (%)	MA (%)	FA (%)	Jumlah	Spec (%)			Ket
	F1	F2	F3					Median	Bawah	Atas	
Ayakan	F1	F2	F3					Median	Bawah	Atas	
3/4"	100	100	100	34	21	45	100	100	100	100	Masuk
1/2"	89,20	100	100	30,33	21	45	96,33	95	90	100	Masuk
3/8"	47,20	100	100	16,05	21	45	82,05	83,5	77	90	Masuk
No.4	16,20	32,70	100	5,51	6,87	45	57,38	61	53	69	Masuk
No.8	6,60	29,60	58,40	2,24	6,22	26,28	34,74	43	33	53	Masuk
No.16	4,80	27,40	39,20	1,63	5,75	17,64	25,03	30,5	21	40	Masuk
No.30	3,80	26,10	33,20	1,29	5,48	14,94	21,71	22	14	30	Masuk
No.50	1,60	21,20	27,60	0,54	4,45	12,42	17,42	15,5	9	22	Masuk
No.100	1,20	12,20	18,20	0,41	2,56	8,19	11,16	10,5	6	15	Masuk
No.200	0,67	6,40	12,20	0,23	1,34	5,49	7,06	6,5	4	9	Masuk
Pan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Masuk

Tabel VII. Hasil pemeriksaan Gradasi Agregat *RAP* Rekayasa

Ukuran Ayakan	% Lolos F1	% Lolos F2	% Lolos F3	CA (%)	MA (%)	FA (%)	Jumlah	Spec (%)			Ket
	Median	Bawah	Atas								
3/4"	100	100	100	33	20	47	100	100	100	100	Masuk
1/2"	80	100	100	26,47	20	47	93,47	95	90	100	Masuk
3/8"	51,80	95,00	100	17,09	19,00	47	83,09	83,5	77	90	Masuk
No.4	27,60	47,80	100	9,11	9,56	47	65,67	61	53	69	Masuk
No.8	14,40	33,40	74,40	4,75	6,68	34,97	46,40	43	33	53	Masuk
No.16	9,60	21,50	43,60	3,17	4,30	20,49	27,96	30,5	21	40	Masuk
No.30	3,13	10,20	38,60	1,03	2,04	18,14	21,22	22	14	30	Masuk
No.50	0,87	0,80	35,20	0,29	0,16	16,54	16,99	15,5	9	22	Masuk
No.100	0,33	0,40	27,20	0,11	0,08	12,78	12,97	10,5	6	15	Masuk
No.200	0,20	0,30	16,20	0,07	0,06	7,61	7,74	6,5	4	9	Masuk
Pan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Masuk

Berdasarkan Tabel VI dan Tabel VII di atas dapat dibuat grafik gradasi *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa yang menunjukkan batas atas, batas median, batas bawah, dan gradasi yang diperoleh dari analisa saringan. Grafik gradasi *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa dapat dilihat pada Gambar II di bawah:

Gambar II. Grafik Gradasi *RAP* Rekayasa dan Agregat *RAP* Rekayasa

Berdasarkan grafik gradasi *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa di atas dapat dihitung nilai C_c dan C_u yang bisa memberikan indikasi gradasi *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa masuk dalam gradasi baik, gradasi buruk, maupun gradasi senjang. Nilai C_c pada *RAP* rekayasa sebesar 2,89 dan nilai C_u sebesar 30. Nilai C_c pada agregat *RAP* rekayasa sebesar 2,95 dan nilai C_u sebesar 33,84. *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa termasuk gradasi baik. Selanjutnya gradasi *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa akan digunakan untuk pengujian Kepadatan dan *CBR*.

3) Pemeriksaan Kepadatan dan *CBR*

a) Pemeriksaan Kepadatan

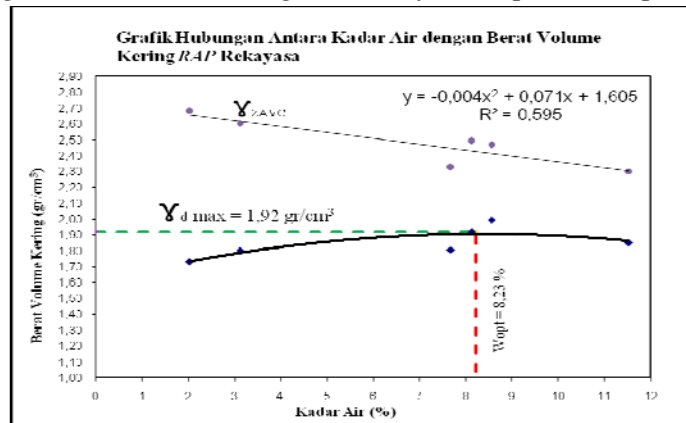
Pemeriksaan kepadatan dilakukan dengan menggunakan *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa dengan membagi butiran menjadi tiga fraksi. Pada pemeriksaan kepadatan menggunakan alat *modified proctor* dan dibutuhkan agregat sebesar 5000 gram. Masing-

masing proporsi CA, MA, dan FA pada *RAP* rekayasa maupun agregat *RAP* rekayasa dikalikan dengan jumlah agregat yang dibutuhkan. Selanjutnya akan didapatkan berat untuk masing-masing fraksi. Hasil pemeriksaan kepadatan *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa dapat dilihat pada Tabel VIII di bawah :

Tabel VIII. Hasil Pemeriksaan Kepadatan *RAP* Rekayasa dan Agregat *RAP* Rekayasa

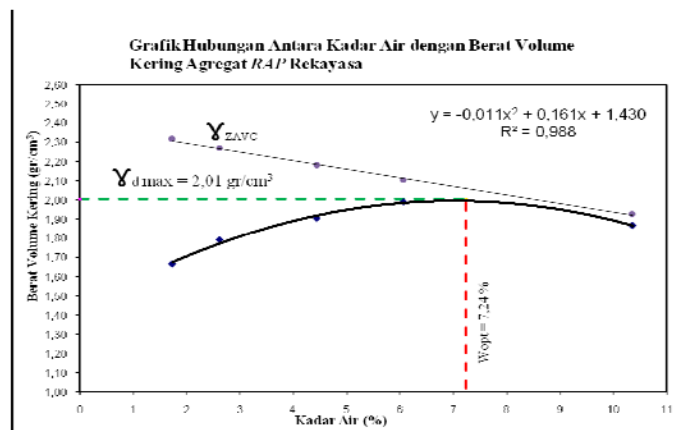
Kepadatan	Kepadatan Maksimum	Kadar Air Optimum
<i>RAP</i> Rekayasa	1,92 gr/cm ³	8,23 %
Agregat <i>RAP</i> Rekayasa	2,01 gr/cm ³	7,24 %

Berdasarkan hasil pemeriksaan kepadatan di atas dapat dibuat grafik hubungan kadar air dengan berat volume kering *RAP* rekayasa, dapat dilihat pada Gambar III di bawah :



Gambar III. Grafik Hubungan antara Kadar Air dengan Berat Volume Kering *RAP* Rekayasa

Grafik hubungan kadar air dengan berat volume kering agregat *RAP* rekayasa dapat dilihat pada Gambar IV di bawah :



Gambar IV. Grafik Hubungan Antara Kadar Air dengan Berat Volume Kering Agregat *RAP* Rekayasa

Pada grafik hubungan kadar air dengan berat volume kering *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa di atas, terdapat persamaan y dan R^2 yang berarti persamaan *parabolic*. Konstanta bernilai negatif menunjukkan nilai minimal dan akan membentuk kurva yang mempunyai perilaku membuka ke atas. Sedangkan nilai R^2 sering disebut

dengan koefisien determinasi dari persamaan regresi, yaitu memberikan proporsi atau persentase variasi total dalam variabel terikat yang dijelaskan oleh variabel bebas. Nilai R^2 terletak antara 0 sampai 1. Pada grafik hubungan kadar air dengan berat volume kering *RAP* rekayasa nilai R^2 sebesar 0,595 dan pada agregat *RAP* rekayasa nilai R^2 sebesar 0,988. Bisa diartikan bahwa R^2 pada agregat *RAP* rekayasa lebih mendekati 1, sehingga nilai variabel y berhubungan erat dengan variabel x . Apabila R^2 mendekati 0, maka variabel y tidak berhubungan erat dengan variabel x .

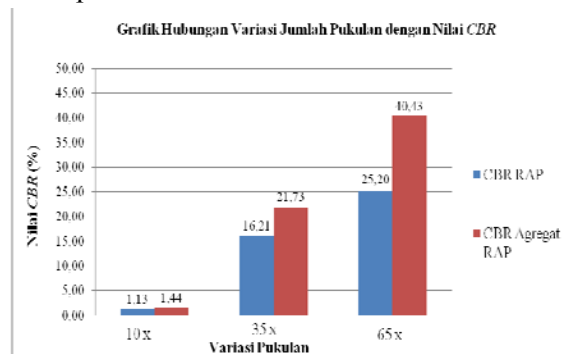
b) Pemeriksaan *CBR*

Pemeriksaan *CBR* dilakukan untuk mengetahui nilai daya dukung *RAP* rekayasa maupun agregat *RAP* rekayasa yang telah dipadatkan menggunakan alat *CBR* pada kadar air optimum dari pemeriksaan kepadatan sebelumnya. Hasil pemeriksaan *CBR* pada *RAP* rekayasa dan agregat *RAP* rekayasa dapat dilihat pada Tabel IX di bawah :

Tabel IX. Hasil Pemeriksaan *CBR* pada *RAP* Rekayasa dan Agregat *RAP* Rekayasa

Jumlah Pukulan	Nilai <i>CBR</i> <i>RAP</i> Rekayasa (%)	Nilai <i>CBR</i> Agregat <i>RAP</i> Rekayasa (%)
10 kali	1,13	1,44
35 kali	16,21	21,73
65 kali	25,20	40,43

Berdasarkan grafik di atas dapat dibuat grafik yang menunjukkan nilai *CBR* pada agregat *RAP* rekayasa lebih tinggi daripada nilai *CBR* pada *RAP* rekayasa. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar V di bawah :



Gambar V. Grafik *CBR* *RAP* Rekayasa dan Agregat *RAP* Rekayasa

Berdasarkan hasil yang diperoleh, semakin banyak pukulan maka nilai *CBR* pada agregat *RAP* rekayasa juga semakin besar. Hal tersebut dipengaruhi oleh berat volume kering (γ_d), energi pemadatan, bentuk butiran, tipe gradasi, dan kadar air. Beberapa faktor tersebut dapat memberikan bukti bahwa besar kecilnya nilai *CBR* dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian Analisis Karakteristik Kepadatan dan Nilai *CBR* Bahan *RAP* Bergradasi AC-WC adalah sebagai berikut :

- 1) Kepadatan *RAP* dan agregat *RAP* yang bergradasi AC-WC mempunyai karakteristik nilai yang berbeda. Nilai berat volume kering agregat *RAP* rekayasa sebesar 2,01 gr/cm³ dengan kadar air optimum 7,24%, sedangkan berat volume kering *RAP* rekayasa sebesar 1,92 gr/cm³

dengan kadar air optimum 8,23 %. Nilai ini menunjukkan bahwa agregat yang tidak mengandung aspal mempunyai kepadatan yang lebih baik karena rongga udara semakin kecil dan penyerapan air lebih maksimal. *RAP* yang masih mengandung aspal menghalangi proses penyerapan air.

- 2) Berdasarkan hasil pemeriksaan, agregat *RAP* rekayasa mempunyai daya dukung yang lebih kuat daripada *RAP* rekayasa. Nilai *CBR RAP* rekayasa menunjukkan nilai sebesar 19,30 % dan nilai *CBR* pada agregat *RAP* menunjukkan nilai sebesar 25,57 %.
- 3) Aspal lama yang terdapat pada *RAP* sangat mempengaruhi kepadatan dan daya dukung, karena sifat aspal lama yang sulit menyerap air, peka terhadap cuaca, dan getas menyebabkan kekuatan maupun daya dukung menjadi berkurang. Hal ini dibuktikan dari nilai penetrasi aspal sebesar 29,1 (0,1 mm), karena spesifikasi aspal yang biasa dipakai adalah aspal penetrasi 60/70. Maka untuk membangun kekuatan dan daya dukung aspal harus dipisahkan dari material *RAP*, yaitu dengan cara ekstraksi dan bila perlu ditambahkan bahan peremaja pada aspal.

Saran

Saran dari penelitian Analisis Karakteristik Kepadatan dan Nilai *CBR* Bahan *RAP* Bergradasi *AC-WC* adalah sebagai berikut:

- 1) Bisa dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui karakteristik kepadatan dan nilai *CBR* bahan *RAP* dengan menggunakan gradasi rekayasa *AC-WC* ditambahkan agregat baru dengan proporsi campuran yang telah disesuaikan kebutuhan.
- 2) Pembaca bisa menjadikan penelitian ini sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

5. PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- 1) Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 2) Bapak Dr. Mochamad Solikin selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta
- 3) Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D selaku Pembimbing Utama atau Ketua Dewan Penguji yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan yang bermanfaat bagi penulis
- 4) Bapak Ir. Agus Riyanto, M.T. selaku Pembimbing Pendamping atau Anggota I Dewan Penguji yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan yang bermanfaat bagi penulis.
- 5) Ibu Senja Rum Harnaeni, S.T., M.T. selaku Penguji atau Anggota II Dewan Penguji yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan yang bermanfaat bagi penulis.
- 6) Ibu Qunik Wiqoyah, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang selalu memberikan dan pengarahan yang bermanfaat bagi penulis.
- 7) Bapak Khozin Ashadi dan Ibu Tri Sunarmi selaku orang tua yang telah memberi do'a, semangat dan dukungan moral maupun material.
- 8) Adikku Isnaini Galih Utami, terima kasih selalu menemani ketika sedang malas mengerjakan Tugas Akhir ini.
- 9) Terima kasih kepada nenekku, dan semua keluarga yang sudah memberikan do'a, motivasi, dan semangat.
- 10) Terima kasih untuk Muhamad Prastyo, seseorang yang selalu menemani dalam segala keadaan dan menjadi alasan untuk saya harus segera lulus

- 11) Sahabat sekaligus menjadi kakak, Wahyu Purnomojati terima kasih atas bantuan dan arahan sejak menginjak perkuliahan sampai sekarang
- 12) Teman-teman seperjuangan Devy Aprilia A.S, Nadia Novita L, Mada Pramindana, Chanifah Fitri E.R, dan Muhammad Adib Sulilo, terima kasih atas waktu dan bantuan dalam pelaksanaan praktikum
- 13) Teman-teman Teknik Sipil Kelas Internasional yang tidak bisa disebutkan satu persatu
- 14) Seluruh pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, 2015, Analisis Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik *RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*, Tugas akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010 Spesifikasi Umum Divisi 6 (revisi 3), Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Emrizal, 2009, Pemanfaatan Material Daur Ulang Aspal Beton Untuk Material Aspal Beton Campuran Dingin Memakai Aspal Emulsi, Tesis, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Epps, J. A, 1980, *State of The Art Cold Recycling*, Transportation Research Record 780, Transportation Research Board, Washington, DC.
- Girry, 2010, Karakteristik Daya Dukung Material *RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)* Sebagai Bahan Daur Ulang Perkerasan Jalan, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Hoppe et all, 2015, *Feasibility of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Use As Road Base and Subbase Material*, Jurnal, *Virginia Center for Transportation Innovation and Research*.
- Lusyana et all, 2009, Perbandingan Campuran AC-WC Terhadap Penggunaan Kadar Pipih dan Lonjong Berdasarkan Spesifikasi KIMPRASWIL 2005, Jurnal, Politeknik Negeri Padang, Padang.
- Mustika, 2009, Observasi Karakteristik *Marshall* Pada *Asphalt Concrete* Campuran Panas dengan *RAP*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Stephanos et all, 2011, *Reclaimed Asphalt Pavement in Asphalt Mixtures*, *U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration*.
- West, 2010, *Reclaimed Asphalt Pavement Management*, Jurnal, Auburn University, Auburn, Alabama.